

Estudio para la Implementación de una red CDMA450 para proveer servicios de internet y telefonía fija a 18 recintos del cantón Baba, en la provincia de Los Ríos

Alex Córdova Crespo, Grace Huilcarema Granda, MSc. Edison Del Rosario
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
alercord@espol.edu.ec, ghuilcar@espol.edu.ec, edelros@espol.edu.ec

Resumen

El presente proyecto muestra el estudio realizado para ofrecer servicios de internet y telefonía fija usando una red con tecnología CDMA450 dentro del cantón Baba, en la provincia de los Ríos. El sector de interés con 33,9 Km², está conformado por 18 recintos y 3 escuelas fiscales, buscando satisfacer las demandas de comunicación de cerca de 500 habitantes, aportando al desarrollo y mejoramiento de su estilo de vida. La red consiste en usar una radiobase y equipos terminales CDMA 1x EV-DO para los usuarios finales; la comunicación entre usuarios se realiza desde el terminal a la radiobase, pasando por el enlace troncal para interconectarse con la central telefónica más cercana de la operadora. El enlace troncal entre la radiobase y el nodo de la operadora se efectuará vía microondas. Como resultado de la estimación financiera, el proyecto es viable a partir del año 10 donde se recupera la inversión inicial, bajo las condiciones planteadas para servicios tipo rural.

Palabras Claves: CDMA450, 1x EV-DO, radiobase, proyecto rural.

Abstract

This project shows a proposal to provide internet and fixed telephony services using a CDMA450 wireless network for the canton Baba, Los Rios province. The area of interest has 33,9 Km², 18 recintos and three primary schools, with communication needs for near 500 people, influencing them to development and improve of their lifestyle. The network consists of a base station and the terminals equipment of CDMA 1x EV-DO for the end users; the communication between users begins from terminal to the base station, then continues through the trunk link to be interconnected to the nearest commuting nodes of the operator. The trunk link between the base station and the operator node uses a microwave link. As a result of the preliminary financial projection, the project recovers the initial investment after the 10th year, using the conditions set for rural service area.

Keywords: CDMA450, 1x EV-DO, base station, rural service area.

1. Introducción

En muchas ocasiones se observa que en zonas rurales la infraestructura de telecomunicaciones es escasa, afectando al desarrollo y la calidad de vida de las personas. Los problemas de entorno, tales como las dificultades de acceso o la dispersión de la población hacen que soluciones tecnológicas cableadas no sean viables para este tipo de zonas; sin embargo, las redes inalámbricas se presentan como una gran alternativa para las comunidades pequeñas y aisladas, reduciendo tiempo y sobre todo los costos de la infraestructura necesaria.

En Ecuador, dentro de la provincia de Los Ríos existen localidades del Cantón Baba, que no cuentan con servicios de comunicación como la telefonía fija e internet, privando a sus habitantes el acceso a vías rápidas y sencillas de comunicación.

El desarrollo de este proyecto propone una red tecnológica inalámbrica que permita cubrir las necesidades de comunicación a 18 recintos, basándonos en las ventajas que ofrece la tecnología CDMA en la banda de los 450Mhz; como su amplia cobertura y diseño para que sea escalable en el tiempo.

2. CDMA

CDMA (Code Division Multiple Access) es una tecnología de acceso múltiple que se basa en las técnicas de espectro ensanchado, permitiendo que muchos usuarios puedan ocupar de manera simultánea una misma banda de frecuencias a diferencia de otras tecnologías de acceso múltiple.

Con la técnica de espectro ensanchado, CDMA se hace muy resistente a las interferencias de banda

estrecha y tiene la habilidad de suavizar o atenuar el efecto de las interferencias por multitrayecto.

El funcionamiento de CMDA consiste en asignar a cada usuario un código pseudoaleatorio, el cual se utiliza para transformar la señal generada por un usuario en una señal de banda ancha mediante la técnica de Espectro Ensanchado. Posteriormente el receptor al recibir múltiples señales de banda ancha usará el código asignado a un usuario en particular para transformar la señal de banda ancha recibida de este usuario y recuperar la información original.[1].

2.1. Estándar de Telefonía Móvil CDMA

IS-95 (Interim Standard 95) conocido también por su denominación comercial “cmdaOne”, es un estándar de segunda generación (2G) que permite transmitir voz, señalización de llamadas y datos, pero de forma limitada.

CDMA2000 comprende una familia de estándares de tercera generación (3G) y se ha convertido en un sucesor directo de IS-95, mejorando drásticamente el rendimiento de voz y datos; CDMA2000 es estandarizado por 3GPP2 (3rd Generation Partnership Project) [2].

2.2. Ventajas principales de CDMA450

- Diseñada para cubrir grandes áreas geográficas (urbano, suburbano o rural).
- Gran Propagación de la señal utilizando una sola estación base (50km).
- Incremento en la capacidad de la red, ya que permite que un mayor número de usuarios compartan el mismo canal de frecuencias.
- Velocidades de hasta 3.1 Mbps (DL: Download) bajo el estándar 1x EV-DO Revisión A y hasta 19.6 Mbps (DL) bajo el estándar DO Advanced.
- Requiere solo un ancho de banda de 1.25 MHz, para alcanzar velocidades de 3.1Mbps (DL).
- Mejora de las características de cobertura, lo que permite el uso de un menor número de celdas, da privacidad y seguridad mejorada.

2.3. CDMA450 en la Provincia de Los Ríos

En la Figura 1. Se puede apreciar que en la provincia de Los Ríos existe un total de 3 Radiobases de la empresa CNT E.P. ubicados en la ciudad de Babahoyo, Quevedo y Patricia del Pilar [3], el Cantón Baba no cuenta con cobertura de la Red CDMA450, por lo que en cuestión de regulación se tiene el espectro disponible para el despliegue de la red inalámbrica CDMA planteada en el presente proyecto.

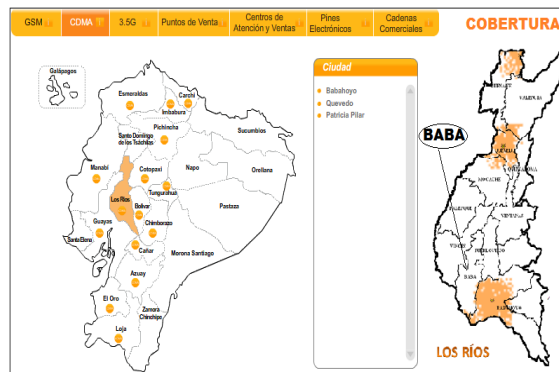


Figura 1. Cobertura CDMA450 en la Provincia de Los Ríos

3. Diseño de la Red CDMA450

3.1. Zona de interés

Baba se encuentra situado a unos 8 metros sobre el nivel del mar, con una extensión territorial de 516 Km², su terreno es plano con pocas elevaciones o lomas sin mucha altura; cuenta con una población total de 39.681 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) [4].

El presente proyecto tiene como objetivo cubrir las necesidades de comunicación a 18 Recintos y 3 Escuelas Fiscales del cantón Baba, como: La Unión, Pajonal, Estrella, San Antonio, Huaquillas 1, Huaquillas 2, El Palmar, El Porvenir, San Francisco, Voluntad de Dios, La Porteña, Marianela 2, La Cucaracha, San José, El Recuerdo, Casa de Pajas, San Jacinto, La Matilde y escuelas 24 de mayo, 23 de junio, Carchi, estos conforman una aérea de 33,9 Km². La Figura 2 muestra gráficamente el área conformada por los recintos mencionados.



Figura 2. Zona de interés visto desde Google Earth

3.2. Propuesta para la ubicación de la BTS

Se propone la ubicación de la radiobase a la altura del Recinto Pajonal, ubicado a unos 9 Km de la cabecera cantonal, se considera las siguientes ventajas:

- Zona ligeramente alta (12 m sobre el nivel del mar).
- Punto estratégico que permitirá a futuro expandir la cobertura CDM450 a todo el Cantón Baba.
- Facilidad de acceso.
- A pocos kilómetros de la cabecera cantonal.

3.3. Propuesta para el enlace Troncal

Para la interconexión se ha tomado en cuenta a los 4 cantones cercanos a la Estación Base y se ha elaborado una tabla considerando parámetros como la distancia que existe del Cantón a la radiobase y si existiese algún nodo (de fibra óptica) para el enlace, ver tabla 1.

Tabla 1. Alternativas para la Interconexión

Cantón	Distancia (Km)	Anillo de Fibra Óptica existente
Vinces	17.3	No
Pueblo Viejo	25.7	No
Babahoyo	22.3	Si
Baba	9.79	No



Figura 3. Red de fibra óptica en el Ecuador Telconet

En la tabla 1 se puede observar que el Cantón Baba es el más cercano a la radiobase, aunque no cuenta con un nodo de fibra óptica, a diferencia del cantón Babahoyo que si lo tiene, pero este se encuentra a mayor distancia de la radiobase.

Para el cálculo de las distancias se utilizó la herramienta Google Earth, y para determinar la existencia de un nodo de fibra óptico se basó en la información publicada por TELCONET, sobre la red de fibra óptica en el Ecuador, tal como se aprecia en la Figura 3.

En esta fase de ingeniería consideramos que la selección depende en gran medida de las distancias que se necesite cubrir con la infraestructura a desplegar. En el caso de la fibra, un tendido de kilómetros requiere de una importante inversión de tiempo a la hora de planificar canalizaciones y posibles trabajos de obra civil; en el caso del radioenlace la distancia a cubrir no

afectará a la ingeniería más que para garantizar la disponibilidad del medio, la elección de la frecuencia y un sistema radiante óptimo, que seguro tomaría menor tiempo que la canalización de la fibra.

De acuerdo al análisis efectuado, para la interconexión desde la radiobase hacia el nodo troncal, se recomienda establecer el enlace vía microondas desde el Cantón Baba ubicado a 9.79 Km de la radiobase. A continuación, en la Figura 4 se observa la simulación del enlace de radio realizado con la ayuda de la herramienta Radio Mobile y Google Earth.

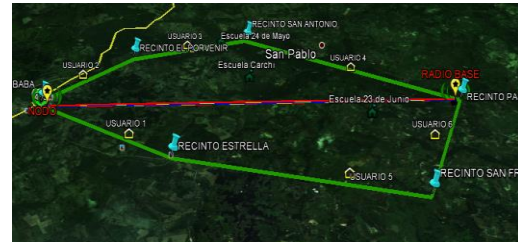


Figura 4. Enlace Troncal visto desde Google Earth

En la siguiente tabla se describe la ubicación geográfica del nodo troncal y la radiobase (BTS), ver tabla 2.

Tabla 2. Ubicación Geográfica del Nodo y BTS

Sistema	Nodo Troncal	Radiobase
Latitud	1°46'57.78"S	1°42'3.91"S
Longitud	79°40'36.66"O	79°42'30.19"O
Lugar	Ciudad de Baba	Recinto Pajonal
Altura (mar)	11.1 m	12 m

3.4. Estructura de la Red CDMA450 en el Cantón Baba

Cabe mencionar que dentro de la estructura de la red existen varias etapas para que se pueda llevar a cabo la comunicación entre dos usuarios, este proceso se lo puede dividir en 2 grandes redes, la red de acceso y la red de transporte.

La Red de Acceso estará constituida por una BTS 1x EV-DO, ubicada a la altura del recinto Pajonal a 9 Km de la cabecera cantonal, por ser un punto estratégico que permitirá a futuro expandir la cobertura de la red hacia todo el cantón Baba. El usuario final, ya sea, dentro de una vivienda o un centro educativo, contará con equipos terminales CDMA 1x EV-DO, que le permitirán acceder a los servicios de internet y telefonía fija, con lo cual se estima abarcar el 100% de cobertura a los 18 Recintos incluidos para este proyecto.

La Red de Transporte será la encargada de llevar la información de un usuario a otro, esta comenzará desde la radiobase ubicada en el recinto pajonal, luego pasará

por el nodo troncal ubicado en la ciudad de Baba, para luego interconectarse por uno o varios nodos hasta llegar a la central telefónica de la operadora. El enlace entre la radiobase y el nodo Troncal se efectuará vía microondas. Ver Figura 5.

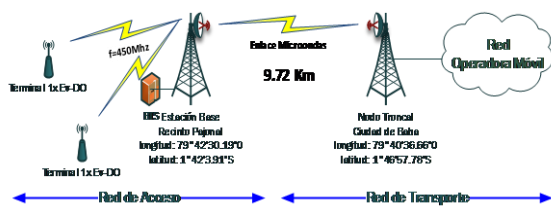


Figura 5. Cobertura de la red CDMA450

3.4. Capacidad

El total de clientes es de 492 incluido 3 escuelas fiscales, para telefonía fija se considera el 100% y para el servicio de internet el 50%. A continuación, se elaboran 2 tablas que muestran la capacidad necesaria para voz y datos, ver tabla 3 y tabla 4.

Tabla 3. Capacidad necesaria para el servicio de telefonía fija

Abonados (492)	Erlangs
Intensidad de tráfico por abonado	0,0833
Intensidad de tráfico total (30%)	12,33
Canales necesarios	19
Total Mbps necesarios	1.2 Mbps

Tabla 4. Capacidad necesaria para el servicio de Internet

Abonados (246)	Mbps	Mbps Necesarios
Plan 3Mbps	172	3
Plan 5Mbps	64	5
Plan 10Mbps	10	10
Total Mbps Internet		936
Compartición 8:1		117 Mbps

Para los 19 canales necesarios para el servicio de telefonía y conociendo que cada canal es de 64 Kbps, una sola línea E1 permite soportar el tráfico asignado (1E1 = 2Mbps).

En el servicio de internet se estima una capacidad necesaria de 117 Mbps para los 246 abonados de internet, equivalente a 59 E1 o aproximada a 1 STM1 (1STM1 = 155Mbps).

3.5. Cobertura

La figura 6 muestra una tabla conformada por varios colores, que indica el nivel de señal recibido a medida que incrementa el radio de la cobertura.

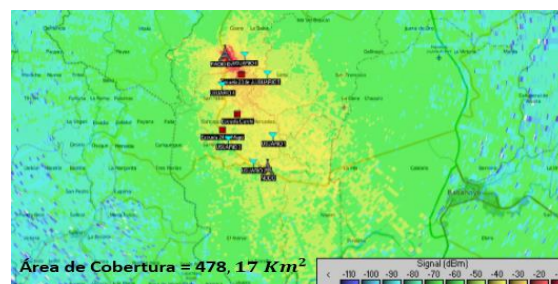


Figura 6. Simulación de cobertura de la BTS Radio Mobile

Se puede apreciar en el gráfico que existen 3 variedades de colores: amarillo, verde y celeste; representando el color amarillo un excelente nivel de la señal y la cual cubre los 18 recintos incluidos en el proyecto.

Una de las ventajas de establecer la radiobase a la altura del recinto Pajonal, es su facilidad de expansión, ya que se puede proveer de cobertura a todo el cantón Baba, alcanzando un área de cobertura de 2869 Km² al cubrir un ángulo de 360° usando antenas sectoriales, este sistema comúnmente se denomina "Array".

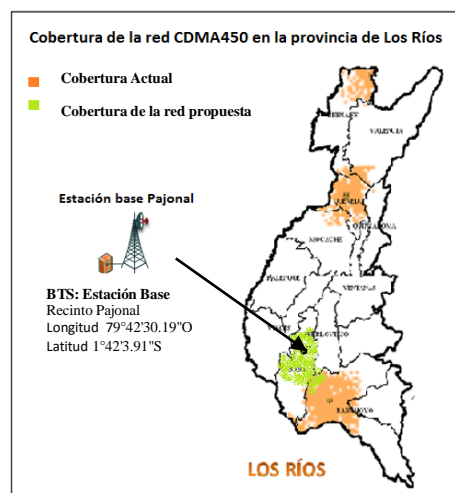


Figura 7. Cobertura de la red CDMA450 en el cantón Baba

Finalmente, mediante la Figura 7 se representa en el mapa de la provincia de Los Ríos la cobertura que tendría la red CDMA450 que se propone para el cantón Baba, llegando a cubrir gran parte de su territorio con una sola antena sectorial.

4. Análisis Financiero

En el desarrollo de cualquier tipo de proyecto, es muy importante realizar la evaluación financiera correspondiente, la misma que permitirá determinar la rentabilidad del proyecto. Se debe tomar en cuenta parámetros como los ingresos y los gastos que se percibirán en un periodo dado (5 años), es decir, el flujo

de caja neto que se puede obtener a futuro. Adicionalmente 2 parámetros muy utilizados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto son el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno), los cuales serán contemplados en el análisis financiero de este proyecto.

Las inversiones corresponden a equipos, licencias, infraestructura, etc. utilizados para la implementación de la red CDMA450, estos valores pueden variar dependiendo del proveedor de esta tecnología.

Los gastos operacionales incluyen pagos de servicios básicos, acceso internacional a internet, pago a trabajadores, mantenimiento del servicio, entre otros.

Para el presente análisis se empleó precios referenciales sobre el costo de los equipos de red CDMA, terminales, infraestructura, sistema de energía, ancho de banda internacional, etc.; basándose en la información obtenida de un proyecto CDMA450 realizado por PACIFICTEL S.A. (actual CNT) en el año 2006.

4.1 Inversión

La inversión inicial representa la compra de bienes que se deben realizar y que ayudaran a la ejecución de este proyecto y son descritos en la tabla 5.

Tabla 5. Inversión

Inversión Inicial	
Equipo CDMA	\$ 426.620,00
Infraestructura	\$ 79.300,00
Estudios de Ingeniería	\$ 10.000,00
Total Inversión	\$ 515.920,00

4.2. Ingresos

Para el análisis financiero sobre los ingresos, se considera un total de 492 usuarios en la que se incluyen 3 escuelas fiscales, se estimarán ingresos del servicio de telefonía fija e internet.

Para el servicio de telefonía fija, se realizó una segmentación del mercado diferenciándolo en 3 categorías: Clase A, Clase B y Clase C y podrán acceder a llamadas locales, nacionales, Internacionales y a celular según su categoría. La instalación del servicio es \$60 y solo se cobrará en el primer mes.

En el servicio de internet se consideran 3 planes de banda ancha, los cuales están previstos según la categoría del cliente, la instalación del servicio es de \$50 y solo se cobrará en el primer mes. Las tarifas de

telefonía fija y planes de internet toman como base las publicadas por CNT E.P. [5].

A continuación, se muestran los ingresos totales proyectados por los servicios, tanto de telefonía fija como de internet para 5 años, ver tabla 6 y tabla 7.

Tabla 6. Ingresos proyectados al primer año

Servicios	Año 1
Telefonía Fija	\$ 94.330,80
Clase C	\$ 4.044,00
Clase B	\$ 45.328,80
Clase A	\$ 44.958,00
Internet	\$72.895,20
Plan 3Mbps	\$ 45.752,00
Plan 5Mbps	\$ 22.323,20
Plan 10Mbps	\$ 4.820,00
Total Ingresos	\$167.226,00

Tabla 7. Proyección de ingresos por servicios a 5 años

	Servicios		
	Telefonía fija	Internet	Total
Año 1	\$ 94.330,80	\$ 72.895,20	\$ 167.226,00
Año 2	\$ 64.810,80	\$ 60.595,20	\$ 125.406,00
Año 3	\$ 64.810,80	\$ 60.595,20	\$ 125.406,00
Año 4	\$ 64.810,80	\$ 60.595,20	\$ 125.406,00
Año 5	\$ 64.810,80	\$ 60.595,20	\$ 125.406,00

4.3 Gastos

Los gastos o desembolsos que se tiene es también un factor muy importante dentro de cualquier proyecto, los cuales serán pagados mensualmente tal como se describe en la tabla 8.

Tabla 8. Análisis de Gastos de operación para el proyecto

Descripción	Cantidad	Costo Mensual	Costo Anual
Ancho de Banda Internacional	117 Mbps	\$ 2.012,90	\$ 24.154,84
Energía Eléctrica		\$ 600,00	\$ 7.200,00
Combustible Generador		\$ 320,00	\$ 3.840,00
Transporte		\$ 200,00	\$ 2.400,00
Trabajadores	5		\$ 42.000,00
Mantenimiento			\$ 12.000,00
Total Gastos			\$ 91.594,84

4.4 Flujo de Caja y recuperación de la inversión

El flujo neto de efectivo es un término de contabilidad que describe los movimientos de efectivo, considerando ingresos y gastos totales en un periodo determinado. Ver tabla 9.

Tabla 9. Flujo de caja a 10 años

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Flujo de caja neto	-\$ 515.920,00	\$ 75.631,16	\$ 54.811,16	\$ 54.811,16	\$ 54.811,16
Flujo de caja acumulado	-\$ 515.920,00	-\$ 440.288,84	-\$ 385.477,68	-\$ 330.666,52	-\$ 275.855,35
	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
	\$ 54.811,16	\$ 54.811,16	\$ 54.811,16	\$ 54.811,16	\$ 54.811,16
	-\$ 221.044,19	-\$ 166.233,03	-\$ 111.421,87	-\$ 56.610,71	-\$ 1.799,55
					\$ 53.011,61

El flujo de caja acumulada se calcula sumando los valores de flujo de caja neto del año actual más el flujo de caja acumulado del año anterior y así hasta que se obtenga un valor positivo, el mismo que indicará que se ha recuperado la inversión inicial. Para este proyecto la recuperación de la inversión es a partir del año 10.

4.5. EL TIR y EL VAN

El TIR es el máximo interés que se puede obtener de un proyecto, nos da una idea del rendimiento a futuro que se puede esperar de dicha inversión. Para el análisis inicial de 5 años, el TIR obtenido es de -17%.

El VAN representa el valor del flujo de caja a la fecha de inicio del proyecto. Para el análisis inicial de 5 años, el valor del VAN obtenido es de -\$ 299.748,74; este valor es negativo e indica que la recuperación del dinero invertido en el año cero no se puede realizar en los 5 años de proyección.

5. Conclusiones

- Se determinó que tecnológicamente el proyecto puede ser implementado y permitirá brindar los servicios de telefonía fija e internet en estos recintos, sin embargo, el tiempo de recuperación de la inversión es de 10 años.
- El diseño garantiza la cobertura en los 18 recintos del Cantón Baba, permitiendo una expansión de la red en una siguiente fase.

- Con el empleo del software Radio Mobile, se pudo determinar gráficamente que tan bueno es el enlace establecido entre el nodo troncal y la estación base y así mismo la zona de cobertura de la BTS.
- Los resultados obtenidos hacen que el proyecto sea de carácter social, por lo que se podría optar por un financiamiento desde entidades como el Fondo de desarrollo de las Telecomunicaciones (FODETEL), que impulsan el acceso universal a sectores rurales y que permitiría implementar proyectos de estas características.
- La recuperación de la inversión se completa en el año 10, y comparado con otros proyectos empresariales no sería rentable, ni viable su implementación; pero se debe recordar que estos recintos también merecen ser atendidos, tal como está estipulado en el contrato de concesión de las operadoras y declarado en las políticas del Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la información (MINTEL) "Proveer a la población de las áreas rurales y urbano-marginales de acceso universal a los servicios de Telecomunicaciones y las TIC" [6].

6. Agradecimientos

Agradecemos a los habitantes del cantón Baba por la información proporcionada y amabilidad brindada en todo momento.

Al MSc. Edison del Rosario por guiarnos en la realización del presente proyecto, por la disposición y paciencia hacia nosotros.

7. Referencias

- UDLAP (2013, Agosto). Acceso múltiple por División de Código [Online]. Disponible en: <http://www.catarina.udlap.mx>
- H.S. Eduardo Esteves. (2006, Marzo). CDMA 2000 1xEVDO [Online]. Disponible en: <http://www.teleco.com.br>
- CNT E.P. Cobertura [Online]. Disponible en: <http://www.soy.cnt.com.ec>
- INEC (2010). Censo de Población y Vivienda [Online]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- CNT EP (2015, Agosto). Plan Internet Banda Ancha & Plan Hogar Inalámbrica [Online]. Disponible en <http://www.cnt.gob.ec>
- Asamblea Nacional del Ecuador, "Derecho al Acceso Universal a las tecnologías de la Información y comunicación", Ley Orgánica De comunicación, p. 8, Junio 2013